

EL PROCESO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y SU
IMPLEMENTACIÓN EN LOS BOSQUES ANDINOS DE COLOMBIA.

JUAN ESTEBAN MARÍN ARENAS



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DE MEDIO
AMBIENTE

ECAPMA

CEAD MEDELLÍN

2018

EL PROCESO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y SU
IMPLEMENTACIÓN EN LOS BOSQUES ANDINOS DE COLOMBIA.

JUAN ESTEBAN MARÍN ARENAS

Monografía presentada

Como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agroforestal

Asesora:

LUISA FERNANDA CASAS HERRERA

Ingeniera Forestal, Msc Bosques y Conservación Ambiental



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DE MEDIO
AMBIENTE

ECAPMA

CEAD MEDELLÍN

2018

AGRADECIMIENTOS

De una forma muy especial, dedico éste logro a mi familia y esposa, quienes con su soporte moral, paciencia y perseverancia, se convirtieron en un motor de aliento y apoyo.

El acompañamiento en el transcurso de la monografía estuvo a cargo de la tutora Luisa Fernanda Casas Herrera, quien con su empeño, dedicación y sugerencias valiosas fueron puntuales y concretas para hacer posible la culminación del trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
Palabras clave	7
Introducción	8
1. Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.2. Objetivo específico	11
2. Justificación	12
3. Identificación del problema	15
4. Desarrollo de las temáticas:	18
4.1. Definición y funciones de la restauración ecológica	19
4.2. Legislación en Colombia asociada a la restauración activa y pasiva en la conservación de ecosistemas	23
4.3. Pasos para realizar la restauración ecológica activa.	31
4.4. Alternativas potenciales para la restauración de ecosistemas degradados.	40
4.5. Algunos casos de restauración ecológica de bosques andinos en Colombia.	46
Conclusiones	53
Bibliografía	57

RESUMEN

La amenaza y presión a que son sometidos los ecosistemas debido a las acciones incontroladas del ser humano, se traduce en la degradación de los suelos y la disminución en su productividad, la desconexión de fragmentos de bosque con su consecuente disminución de la biodiversidad y la variación en los procesos ecológicos y medioambientales. No obstante, una de las acciones que se puede implementar para contrarrestar los procesos negativos es a través de la restauración ecológica que tiene como objetivo entre otros, el restablecimiento de la vegetación, la rehabilitación de hábitats para las especies de fauna, la recuperación de los procesos ecológicos y la oferta de servicios ecosistémicos. En el presente trabajo de monografía, se realizó una investigación conceptual por medio de la recopilación de información sobre la restauración ecológica enfocada a la conservación de las coberturas vegetales en el bosque andino Colombiano, de esta forma, se expone inicialmente el concepto de restauración ecológica y la legislación que apoya este proceso ecológico en el país; como también, los procedimientos que se deben llevar a cabo para ejecutar una restauración ecológica activa. Por otra parte, se compartieron algunas herramientas potenciales que se pueden utilizar en un proceso de recomposición de ecosistemas y se mencionaron algunos casos de restauración ecológica realizados en el ecosistema del bosque andino. Se puede concluir que la información aquí suministrada, nos ofrece las pautas a tener en cuenta a la hora de iniciar y/o evaluar un proceso de restauración ecológica, además nos presenta las herramientas legales de acuerdo a la normatividad establecida por el Estado que regula los procesos de recomposición de ecosistemas; sin embargo, se concluye que es necesario definir criterios claros para la evaluación de los ecosistemas restaurados en los aspectos de flora, fauna y recuperación de servicios ecosistémicos, con el fin de generar información relevante, segura y a tiempo, para que puedan ser replicadas en otros procesos de restauración en zonas de vida similares.

Palabras clave: restauración activa, normatividad, corredores biológicos, sistemas agroforestales, bosque andino

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a Barrera, et al (2007), los Andes Colombianos están formados por diversos ecosistemas los cuales se encuentran en peligro constante de degradación debido a la presión que ejerce la población humana sobre estos entornos; estos a su vez están representados por tres ramales que son: cordilleras central, oriental y occidental; los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena y formaciones contiguas, cuyas regiones se caracterizan por su alta riqueza biológica, paisajística y una compleja formación territorial, ecológica y evolutiva, asevera Marín, *et al* (2008). Los bosques alto-andinos, andinos y el páramo, interceptan el agua y la liberan en forma regulada, en la medida en que la capa vegetal ayuda a debilitar el impacto de las precipitaciones y la vegetación boscosa absorbe el agua, lo que significa la filtración de manera gradual hacia los suelos y el escurrimiento hacia los cauces; de igual forma, se genera una disminución en la probabilidad de inundación (Barrera *et al.* 2010).

Una de las herramientas diseñadas con la cual se realizan importantes contribuciones acerca de cómo debemos apreciar y valorar los ecosistemas y de la relación tan estrecha que hay entre el bienestar humano y los ecosistemas, es mediante la clasificación de los servicios ecosistémicos en cuatro grupos: soporte, regulación, aprovisionamiento y cultura. Bajo este enfoque de servicios ecosistémicos, se entiende la conservación en un sentido más amplio e integrando términos como la preservación, el uso sostenible y la restauración; espacios que fortalecen la sostenibilidad ambiental y socioeconómica y contribuyen al manejo sostenible de los ecosistemas (Cabrera, *et al.* 2014).

Uno de los tantos servicios que tienen los ecosistemas, es la capacidad de regulación de la calidad de agua, si se tiene en cuenta que los suelos de los bosques están más saturados de agua que otros suelos, adicionalmente, el sistema radicular de especies vegetales propias de los bosques, ayudan a retener la tierra con mayor firmeza y proporcionar mayor estabilidad,

incrementando la resistencia a los deslizamientos y transformaciones naturales (Emerton, *et al.* 2004).

Consecuente con lo anterior, los ecosistemas proporcionan diferentes bienes que le son útiles al hombre para el desarrollo de sus actividades cotidianas como son: alimentación, aporte en la alimentación, productos maderables, productos energéticos; coadyuvando además con los servicios ambientales que estos proveen como son: abastecimiento de agua, fertilidad de la tierra, captura de carbono, aporte de oxígeno, asimilación y conversión de residuos, actividades ecoturísticas paisajismo, entre otras. El mantenimiento en los ecosistemas de la oferta de bienes y servicios se logra mediante la implementación de componentes que garanticen el uso sostenible del dominio natural que aporte en ellos unas características de firmeza, que finalmente les permita responder a las perturbaciones naturales como: sequías, huracanes, incendios, inundaciones entre otras, como también actividades de tipo antrópico (Ministerio del Medio Ambiente, 1998; Pequeño, *et al.* 2016).

La implementación de programas de reposición busca restaurar ecosistemas degradados y promover la reforestación protectora en áreas que aporten servicios ambientales a la población, mediante la ejecución de diferentes sistemas. Cabe anotar, que los cambios ambientales acelerados a nivel global, han incrementado la demanda para el establecimiento de planes de restauración lo cual se ve reflejado en los objetivos ambientales a nivel mundial, en los cuales la restauración se convierte en el eje central para los planes de manejo ambiental, forestal, compensación y una estrategia para contrarrestar la pobreza. De igual forma, el aumento de los impactos provocado por el hombre en la tierra provoca pérdidas generalizadas de valores de producción y conservación y se hace cada vez más urgente la restauración de los ecosistemas (Hobbs y Norton, 1996; Ministerio del Medio Ambiente, 1999; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Esta propuesta de monografía que se presenta como opción de grado en el programa de Ingeniería Agroforestal de la UNAD, tiene como fin principal realizar una investigación conceptual por medio de la recopilación de información, sobre la restauración ecológica enfocada a la conservación de las

coberturas vegetales del bosque Andino Colombiano. Así, se explica inicialmente el concepto de restauración ecológica y la legislación que apoya este proceso ecológico en el país; como también, los procedimientos que se deben llevar a cabo para ejecutar una restauración ecológica activa. Por otra parte, se comparten algunas herramientas potenciales que se pueden utilizar en un proceso de recomposición de ecosistemas y mencionar algunos casos exitosos en la restauración en el ecosistema del bosque andino.

1. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Realizar una investigación conceptual de la restauración ecológica, como también los procesos llevados a cabo en los bosques andinos de Colombia.

Objetivos específicos:

1. Entender el concepto y la funcionalidad de la restauración ecológica de ecosistemas degradados.
2. Conocer los diferentes pasos que se siguen para realizar adecuadamente una restauración ecológica activa.
3. Analizar la legislación colombiana asociada a la restauración de ecosistemas vegetales degradados.
4. Investigar alternativas potenciales para la restauración de ecosistemas degradados.
5. Describir y analizar algunos casos sobre la restauración ecológica en bosques Andinos de Colombia.

2. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales amenazas para la biodiversidad y la persistencia de las coberturas vegetales boscosas en la región tropical en América Latina, es la práctica de la ganadería tradicional o extensiva y la ampliación de zonas agrícolas debido a la creciente demanda de alimentos para la población, lo que ha originado el aumento descontrolado de estos usos del suelo sin antes planificar métodos de conservación ni emplear ninguna práctica de sostenibilidad, lo que trae consigo la presión constante a las coberturas boscosas y zonas de reserva natural (Calle, *et al.* 2007).

Así mismo, la región tropical se considera como una zona que reporta un alto grado de disminución de la biodiversidad con una pérdida de más del 70% de su hábitat natural, lo cual determina una alta presión sobre las especies endémicas que se encuentran al borde de la desaparición y que dada su ubicación se define como prioridad global para la conservación (Michele, *et al.* 2015).

De igual forma, el Fondo Mundial para la Naturaleza – WWF, clasifica la ecorregión de los Andes del Norte la cual hace parte de la región tropical, como una zona con condiciones climáticas y edáficas exclusivas que han favorecido históricamente la ocupación por parte de la población humana, de igual forma, es catalogada como uno de los sitios prioritarios para la conservación de acuerdo al carácter único de biodiversidad y la amenaza que ésta representa. Esta región alberga casi la mitad de la diversidad biológica de angiospermas, aves, ranas y mariposas, comparada a la que se presenta en las tierras bajas del Amazonas; además, contiene una porción grande de la flora y fauna de grupos taxonómicos únicos con rangos geográficos restringidos (WWF, *et al.* 2001).

Un proceso de restauración ecológica de un ecosistema que se encuentra degradado, bien sea por factores antrópicos como por procesos naturales; se realiza con el fin de: asegurar los tipos de hábitats dentro de las comunidades naturales; mantener las poblaciones de especies nativas o endémicas,

garantizar los procesos ecológicos, implementar la conservación en zonas ecológicas suficientemente grandes que sean tolerantes en cierta medida a la presión ejercida por la destrucción y asegurar la conectividad ecológica. Los ecosistemas generalmente se recuperan por si solos cuando no existen factores ni barreras que impidan la regeneración natural; pero si se presentan factores tensionantes o el ecosistema ha perdido sus mecanismos para que se recupere naturalmente y sin acompañamiento, es necesario ayudarlo mediante acciones asistidas para garantizar su desarrollo y perpetuidad (WWF, *et al.* 2001; Vargas - GREUNAL, 2012).

Sin embargo, en el campo de la restauración ecológica, existe poco conocimiento teórico disponible acerca de cómo abordar una restauración ecológica asistida, ya que en muchas experiencias ha sido un proceso de aprendizaje empírico de ensayo – error, y por lo tanto, no existen lineamientos estandarizados que guíen el proceso para revertir los efectos degradativos de las actividades humanas (Maglianesi, 2011).

Los propósitos de la restauración de bosques en la región tropical, no solo deben contribuir a la recuperación de los ecosistemas degradados; sino también el de aportar una recompensa económica a los propietarios de las tierras como medida para financiar la restauración de los bosques. De este mismo modo, los factores que limitan el establecimiento ecológico en esta clase de ecosistemas se definen de acuerdo a su acción sobre las distintas etapas de la regeneración secundaria, y la importancia de cada etapa es variable con el clima, el tipo de suelo, la vegetación existente y el tipo de manejo de la tierra, lo que le otorga particularidad a cada sitio. Pueden identificarse una serie de factores limitantes que operan a nivel general y en los criterios de elección del sitio a restaurar, influyen factores que tienen que ver con su posición geográfica y función ecológica. Por otro lado, existen limitaciones debidas a los regímenes de propiedad de la tierra, los recursos económicos para solventar rentas o el capital humano, las condiciones legales o administrativas, y la disponibilidad de tiempo (Meli, 2003; Brancalion *et al.* 2012).

Es importante realizar esta indagación conceptual con el fin de comprender los procesos llevados a cabo en la restauración ecológica de ecosistemas que han sido degradados por diferentes causas, y en particular, aquellos procesos orientados a la restauración de los bosques andinos en Colombia. Paralelo a esta indagación, es necesario que se defina una estrategia efectiva e inmediata de cómo proceder para lograr recomposición de áreas y su sostenimiento a través del tiempo.

También es importante analizar la legislación que ampara éste proceso de restauración de áreas degradadas y la conservación de ecosistemas, que permitan definir medidas efectivas que garanticen la participación comunitaria en la toma de decisiones, que les permitan de algún modo, contribuir con los procesos de recuperación ambiental, para lograr con éxito la rehabilitación de las zonas que han sido alteradas; y que de igual forma, contribuyan al restablecimiento de la cobertura vegetal y a la recuperación de la biodiversidad con el fin de asegurar el aporte de bienes y servicios ambientales.

3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La amenaza y presión a que son sometidos los ecosistemas de la región tropical debido a las acciones incontroladas del ser humano, se puntualizan entre otras causas como las siguientes: la deforestación para la expansión de la ganadería, establecimiento de cultivos ilícitos, la extracción ilícita de maderas, la carencia de políticas apropiadas en la tenencia y uso de la tierra, la falta de recursos, lo que se traduce en la degradación de los suelos y la disminución en su productividad, la desconexión de fragmentos de bosque con su consecuente variación en los procesos ecológicos, la invasión de especies exóticas, pérdida en la capacidad de regulación hídrica, regulación de caudales, contaminación de fuentes de agua, emisiones de carbono y otros gases hacia la atmósfera y la disminución de otros factores que generan repercusiones ambientales que inciden directa e indirectamente en el bienestar de la población (Murgueitio, *et al.* 2004; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2004; Ibrahim *et al.* 2006; Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, 2014).

En Colombia, el 7.97 % de la cobertura vegetal corresponde a bosques Andinos y ocupan un área de 9.108.474 ha, una zona con potencial de recursos de clima, productividad de los suelos, abundancia relativa del recurso hídrico; los cuales son sometidos a fuerte presión antrópica y están catalogados la gran mayoría como áreas generalmente fragmentadas y sin conectividad; ésta presión es ejercida por la explosión demográfica, el desarrollo industrial y urbano, ya que allí se sitúan la mayor parte de los centros poblados, generadores de los procesos actuales de contaminación y de degradación ambiental (Cleef *et al.* 1983; IDEAM, 1996).

Según el informe del Instituto Von Humboldt Biodiversidad (2014), se reporta que en regiones del país como los Andes y el Chocó biogeográfico se concentra el mayor número de especies con algún grado de amenaza; además en este informe se argumenta que, si se mantiene la tendencia actual, en el año 2030 se perdería un 12% adicional de los bosques remanentes, principalmente en las zonas de piedemonte de la región andina.

El incremento de actividades agropecuarias a través de la conversión a sistemas de labranza inadecuados, el aumento de la agricultura a gran escala, han ascendido a los pisos alto andino y de páramo alterando así los ecosistemas de las laderas en las cordilleras; esto origina procesos de erosión de los suelos, contaminación del recurso hídrico, variación en el reciclaje de nutrientes, disminución de la biodiversidad de flora y fauna, disminución de la fertilidad del suelo, alteración en el ciclo hidrológico y compactación del suelo (IDEAM, CONSULTORES FAO; Cenicafé, 1999).

Adicionalmente la biodiversidad también está amenazada por los siguientes procesos: la distribución desigual de la tierra y el proceso de migración de agricultores, la extracción de madera, la expansión urbana, los incendios, el turismo descontrolado, la extracción petrolera y minera y el establecimiento de plantaciones forestales con especies exóticas, entre otros (WWF, *et al.* 2001).

De acuerdo con lo anterior, es necesario y urgente resolver los problemas actuales de deforestación y realizar actividades que mitiguen la degradación de ecosistemas mediante procesos ecológicos como por ejemplo la restauración ecológica. Esta acción, permite el restablecimiento de la cobertura vegetal y por ende la sostenibilidad en el uso de los bienes y servicios ecosistémicos. Se considera también necesario que se realicen evaluaciones de la dinámica de los bosques de montaña, los cuales no están dominados por un tipo específico de vegetación, sino que se conforman mezclas de especies que conforman ecosistemas que se podrían llamar únicos en Colombia; éstos a la vez se consideran de gran importancia para la conservación de la diversidad (Velásquez, 2011; Velásquez, 2015).

Además, es necesario y urgente el desarrollo de metodologías de restauración aplicables a escala del paisaje, que conlleve procesos clave para la identificación y el tratamiento de los procesos que conducen a la degradación, desarrollar métodos para implementar los objetivos e incorporarlos en las estrategias de ordenación y planificación (Hobbs y Norton, 1996).

Por lo tanto, de acuerdo con lo anterior y con las aceleradas tasas en la que se están perdiendo la cobertura de bosques en nuestro país, es pertinente investigar desde la academia los conceptos, normatividad, acciones y estrategias que permitan restaurar los ecosistemas boscosos; y en particular, indagar como se han llevado los procesos de restauración en los bosques andinos de Colombia.

4. DESARROLLO DE LOS TEMAS

4.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Para iniciar con la definición del concepto de restauración ecológica, es preciso compartir una definición a priori del concepto Ecosistema; pues en estas áreas naturales es donde ocurre el proceso ecológico que tiene como fin este documento. Un ecosistema es un área de tamaño variable en la cual se presenta una asociación y/o agrupación entre sus componentes físicos (abióticos) y biológicos (bióticos), constituido de tal manera que al cambiar uno de sus componentes y su función vital, se altera o se complica el funcionamiento de todo el sistema. Un ecosistema se ha restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional, manteniéndose en equilibrio tanto estructural como funcionalmente. En este mismo sentido, tiene también la capacidad de recuperarse ante diferentes alteraciones e interactúa en el paisaje con ecosistemas que le son próximos o contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos e interacciones de otro tipo. Los ecosistemas están en constante funcionamiento y cambian cuando existen factores internos y externos que dificultan su funcionamiento, dicho proceso se conoce como sucesión ecológica la cual puede ser pasiva o activa (Vargas, 2010).

Así, el proceso de propiciar la recuperación de un entorno que ha sido dañado, degradado o destruido se conoce como restauración ecológica; de igual forma, la restauración es una herramienta importante para moderar el cambio climático y restituir los procesos ambientales. La restauración ecológica es sinónimo de sucesión o regeneración asistida, es una base práctica que busca restablecer los procesos ecológicos para mantener en los ecosistemas factores indispensables como la composición, la estructura y la función, mediante el desarrollo de estrategias participativas cuyas metas se logran a través del tiempo (Comín, 2002; Walker, 2005; Ministerio del Medio Ambiente, 1999; Murcia, *et al.* 2014; Blandón, *et al.* 2014).

Por otra parte, la restauración o sucesión ecológica es un proceso de auto organización, en la cual, el éxito en la sucesión depende de que el ecosistema disponga de unas características adaptadas a condiciones futuras. De igual modo, se recuperan componentes y funciones de ecosistemas degradados mediante el ciclo ecológico, que intenta rescatar la función de ambientes que han sido alterados por fenómenos naturales o artificiales, logrando que la recuperación que se alcance de ambientes degradados tenga características o condiciones similares a la vegetación original (Ministerio del Medio Ambiente, 1999; Comín, 2002; Walker, 2005; Murcia, *et al.* 2014; Blandón, *et al.* 2014).

Por otro lado, la recuperación de ecosistemas es una práctica en crecimiento y representa una alternativa para preservar la diversidad biológica, es asumida como la restauración de espacios en condiciones adecuadas que permitan una habitación y una producción sostenible, ésta puede ser vista como: la rehabilitación y la recuperación. En la rehabilitación de ecosistemas se pretende recuperar la estructura y las principales funciones del ambiente original, en él se dan procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y se regenere por sí mismo; es decir, se centra en la recuperación de los procesos ecológicos, de elementos estructurales o funcionales, en la productividad y los servicios ofrecidos por un ecosistema cualquiera. La rehabilitación no tiene como objeto restablecer la condición natural en un ecosistema; se plantea como la recuperación dentro de un ecosistema; en la recuperación de ecosistemas se pretende restablecer las funciones del ecosistema en el cual parte o toda la diversidad se ha perdido (Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, 2004; Maglianesi; 2011).

También es importante mencionar, que el proceso de restauración ecológica busca entre otros factores, recuperar los procesos ecológicos, recuperar la funcionalidad de oferta y demanda hídrica de cuencas, el aumento en el área de los ecosistemas y su conectividad en el paisaje, la recuperación de la biodiversidad y la erradicación de las especies exóticas; de igual modo, restablecer la ordenación y los procesos eficaces de los ecosistemas; además se busca por medio del proceso, recomponer en un ecosistema los escenarios y procesos previos a la perturbación. Así mismo, con la restauración ecológica

se pretende crear un ecosistema autosuficiente, que sea resistente a la perturbación, con características casi parecidas al entorno original y capaz de proveer bienes y servicios en el futuro (Barrera, *et al.* 2010; dos Santos, 2011; Maglianesi, 2011; Pequeño *et al.* 2016;).

De otro modo, se establece que la restauración ecológica con el enfoque de planificación y manejo adecuado en microcuencas y otros ecosistemas riparios, busca restituir las áreas de protección de retiros de agua para ofrecer servicios ambientales como: el aumento en la cantidad y calidad del agua, impedir la entrada de sedimentos al cauce del río, regular el flujo del agua, recuperar el hábitat y restablecer corredores biológicos para especies de flora y fauna; estas labores buscan recuperar las interacciones bióticas, aumentar la conectividad y contribuir al mejoramiento del paisaje (dos Santos, 2011; Acero, *et al.* 2014).

Después de compartir el concepto desde el punto de vista de diferentes autores, donde se visualiza de forma general la función que tiene este proceso ecológico en la recuperación de ecosistemas, es importante resaltar que la restauración se divide en dos procesos: restauración activa y restauración pasiva. La restauración activa es un proceso que comprende acciones específicas que incitan el desarrollo de la sucesión para lograr la restauración de un ecosistema, donde se presenta ayuda de intervención humana. Por el contrario, la restauración pasiva se genera por medio de la regeneración natural o sucesión sin intervención (Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, 2004; Pequeño, *et al.* 2016).

La restauración complementa no solo a la conservación de la naturaleza, sino que también es de gran utilidad para lograr el desarrollo socio económico sostenible y equitativo, así pues, que restaurar y aumentar la base del capital natural es la mejor vía para generar empleo y mejorar los medios de supervivencia y calidad de vida para todos, lo mismo que para la economía. La restauración no debe confundirse con la rehabilitación, ya que ésta última se conoce como la recuperación de las funciones del ecosistema que le permiten al hombre aumentar la productividad para su beneficio. Para lograr la conservación de la naturaleza, se deben priorizar las acciones más urgentes

que apunten a la recuperación de las áreas alteradas o disturbadas, con el fin de que provean servicios ambientales. El restablecimiento de ambientes naturales es una estrategia donde se articula el conocimiento y la experiencia para el manejo de los ecosistemas con el fin de repararlos y prevenir futuros daños (Cantillo, *et al.* 2009; Vargas, 2010; dos Santos, 2011; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Por otra parte, es necesario en el proceso de restauración de un ecosistema, definir las causas que originaron la degradación, además desarrollar una metodología clara complementada con el monitoreo y evaluaciones periódicas durante el proceso de restauración, con el fin de evaluar el logro de los objetivos propuestos y de esta forma, recuperar las funciones para el aporte de servicios ambientales indispensables para el sostenimiento de la población (Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, 2004; Pequeño, *et al.* 2016).

Así también, los objetivos de los programas de restauración de ecosistemas estratégicos y paisajes degradados para la conservación de la naturaleza, deben estar vinculados con la investigación socio-económica y el desarrollo, la creación de empleo y la formación. La restauración de ecosistemas alterados debe contar con la inversión continua de capital financiero, humano y social con el fin de asegurar la sostenibilidad ecológica. También para la conservación y restauración de ecosistemas, es importante lograr que las Instituciones del Estado puedan ofrecer incentivos económicos a las comunidades o propietarios locales, es decir, que quien demuestre recuperación de servicios ambientales mediante la restauración ecológica, tenga una retribución económica que contribuyan a mejorar los medios de supervivencia y mejorar la calidad de vida (dos Santos, Juan, 2011; Vargas, *et al.* 2012).

Sostiene el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2015); que se deben priorizar las actividades más urgentes que apunten a la recuperación de las áreas disturbadas, caso similar al argumento presentado por Pequeño, (2016); de que es necesario definir una metodología clara, además añade que durante el proceso de restauración se debe hacer monitoreo y evaluación

periódica con el propósito de evaluar si los objetivos trazados se están cumpliendo.

4.2. LEGISLACIÓN EN COLOMBIA ASOCIADA A LA RESTAURACIÓN ACTIVA Y PASIVA EN LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS

La restauración de áreas de importancia ambiental en Colombia, así como su conservación y aprovechamiento sostenible, está determinada por normativas claras que determinan quién debe administrar su uso, el cómo hacerlo y definir por medio de qué instrumentos valerse, con el fin de lograr el equilibrio ambiental, en concordancia con la planificación del desarrollo productivo del país.

“El medio ambiente es un derecho ambiental colectivo y es deber del estado Colombiano planificar el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, es deber del estado prevenir y controlar los factores que causan el deterioro ambiental, garantizar la protección de la diversidad y la integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica para garantizar la sostenibilidad ambiental por medio del apoyo de planes de cofinanciación” (República de Colombia, Constitución Política de Colombia, artículos 79, 80, 88, 95, pp 33, 36, 38).

En concordancia con lo anterior, la comunidad debe participar en la toma de decisiones que se planifiquen con el fin de dar solución a las controversias que en materia ambiental se presenten y es deber del estado garantizar ese derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente sano y de espacios que contribuyan a su bienestar y al libre esparcimiento. De igual forma, el Estado debe planificar el manejo de los recursos naturales, su conservación y restauración, así como sancionar las conductas negativas que atenten contra los recursos y de igual forma imponer sanciones y exigir la reparación de los daños causados a los mismos.

La biodiversidad del País se convierte en un patrimonio natural y de interés para la humanidad, por lo que su protección debe ser una prioridad nacional, de esta forma, el patrimonio hídrico entendido como “cuenca hidrográfica”, se determina como un factor natural fundamental y determinante, como espacio que provee recursos y lo más importante, se perfila como espacio de desarrollo de grupos humanos, que se traduce en el aporte de bienes y servicios con un valor estratégico importante para el desarrollo presente y futuro de Colombia.

“Además el Estado Colombiano debe fomentar el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental; así como adoptar las medidas necesarias para la protección de las especies de fauna y flora silvestres; regular y orientar la planificación del uso del territorio y de los recursos naturales renovables con el fin de garantizar una adecuada explotación y desarrollo sostenible. Así mismo, también establecerá las obligaciones que deben cumplir los propietarios de predios, en relación con la protección y conservación de los bosques y los demás recursos renovables” (República de Colombia, decreto 1449 de 1977, artículo 3, pp 2; República de Colombia, Ley 99 de 1993, artículo 1, 5, 7, 61, 88, 108, pp 1, 2, 6, 30, 35, 42).

De igual forma, el estado, con el fin de planificar la gestión, la conservación y el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, debe exponer instrumentos económicos de planificación claros y contundentes que se canalicen en concordancia con las políticas internacionales de sostenibilidad.

De igual modo, el código Nacional de los Recursos Naturales describe que son prohibiciones destruir la vegetación que sirva de refugio o fuente de alimentación a las especies hidrobiológicas o alterar o destruir los arrecifes, coralinos y abrigos naturales de esas especies, con el uso de prácticas inadecuadas, como también establece que la comunidad tiene derecho a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual. De acuerdo con este enunciado, el estado debe determinar los ecosistemas estratégicos que merezcan protección (República de Colombia, Decreto - Ley 2811 de 1974).

Adicional a la anterior normatividad, el Gobierno Nacional de Colombia ha creado otros instrumentos para el manejo sostenible de los bosques y la restauración de áreas prioritarias de ecosistemas forestales y no forestales en ecorregiones estratégicas, que tengan como finalidad mejorar la oferta de bienes y servicios ambientales y la generación de alternativas de desarrollo social y económico, esto fortalecerá la relación social y mejorará las condiciones de vida de la población.

Y aunque el estado ha ganado terreno en la protección de áreas bajo la modalidad de diferentes figuras como son: parques nacionales naturales, reservas naturales, reservas regionales, reservas naturales de la sociedad civil, distritos de manejo integrado, entre otras; aún falta mucho camino por recorrer en lo que se refiere a la conservación y la restauración ecológica.

A continuación, se comparte una síntesis de los principales recursos normativos que presenta nuestro país, relacionados con la protección de los recursos naturales y restauración ecológica de áreas degradadas:

Tabla 1. Recursos normativos en Colombia relacionados con la restauración ecológica.

Ley/decreto	Artículo	Descripción
Constitución Nacional de 1991	Artículo 58	La propiedad es una función social que implica obligaciones; y como tal, le es inherente una función ecológica. Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores
	Artículos 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

		Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
	Artículo 80	El Estado debe planificar el manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y un ambiente sano.
	Artículo 82	Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.
	Artículo 88	Definirá los casos de responsabilidad civil objetiva por el daño inferido a los derechos e intereses colectivos.
Ley 99 de 1993 "Por la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental"	Artículo 1: Principios generales ambientales.	La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible. El paisaje es un patrimonio común que deberá ser protegido; así mismo el manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, deberá ser descentralizado, democrático y participativo.
	Artículo 108: Adquisición por la Nación de áreas o ecosistemas de interés estratégico para la conservación de los recursos naturales.	Adquirir áreas o ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales, con la participación de la sociedad civil.
Decreto 1449 de 1977	Artículo 3	Mantener dentro del predio en cobertura boscosa las áreas Forestales Protectoras; como, por ejemplo, la vegetación nativa en nacimientos de agua, retiros y zonas de alta pendiente.
	Artículo 4	Los propietarios de predios de más de 50 hectáreas, deberán mantener en cobertura forestal por lo menos de un 10% de su extensión.
	Artículo 7	En relación con la protección y conservación de los suelos, los propietarios están obligados a protegerlos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo que eviten su degradación.

<p>Ley 23 de 1973 "Código de responsabilidad jurídica por daños ambientales."</p>	<p>Artículo 16</p>	<p>El Estado será responsable por los daños ocasionados al hombre o a los recursos naturales de propiedad privada, como consecuencia de acciones que generen contaminación o detrimento del medio ambiente.</p> <p>De la misma manera, las personas particulares también serán responsables por el daño o uso inadecuado de los recursos naturales de propiedad del Estado.</p>
<p>Ley 2811 de 1974 "Código Nacional de los Recursos Naturales"</p>	<p>Capítulo VI, Artículo 283</p>	<p>Donde se prohíbe destruir la vegetación que sirvan de refugio o fuente de alimentación a las especies hidrobiológicas entre otras y alterar los abrigos naturales de esas especies, con el uso de prácticas prohibidas</p>
<p>Política Nacional de Biodiversidad, (se fundamenta en la Ley 165 de 1994) Aprobada por el Consejo Nacional Ambiental en 1995</p>	<p>La biodiversidad es patrimonio de la nación y tiene un valor estratégico para el desarrollo presente y futuro de Colombia.</p>	<p>Los institutos adscritos y vinculados al Ministerio del Medio Ambiente establecerán criterios técnicos para identificar áreas prioritarias para adelantar proyectos de restauración por parte de las CAR. Con este fin se realizarán inventarios de las áreas y ecosistemas afectados por procesos de compactación del suelo, erosión y desertificación, entre otros. En especial, se considerarán aquellos ecosistemas que tengan un valor estratégico en términos de conservación de la diversidad biológica.</p> <p>Los institutos de investigación adscritos y vinculados al Ministerio del Medio Ambiente, en particular el IDEAM y las universidades, desarrollarán metodologías de restauración y recuperación de ecosistemas degradados, incluyendo la biodiversidad como un factor primordial.</p> <p>Para la implementación de los procesos de restauración y recuperación, se utilizarán instrumentos como el Certificado de Incentivo Forestal (CIF) de reforestación y el de conservación, que incluirá áreas en proceso de regeneración natural. Las CAR deberán destinar un porcentaje del recaudo, por concepto de tasas de utilización de aguas, a proyectos de restauración y recuperación de</p>

		ecosistemas críticos para el mantenimiento del recurso hídrico.
<p>Ley 223 de 1995 "expedición de normas sobre racionalización tributaria"</p> <p>Reglamentada por la Ley 900 de 1997</p>	<p>Artículo 253. Del estatuto tributario</p> <p>Artículo 2: Certificado de incentivo forestal</p>	<p>El certificado de incentivo forestal - CIF, podrá ser utilizado para compensar los costos directos e indirectos en que incurra un propietario por mantener dentro de su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos, como reconocimiento a los beneficios ambientales y sociales derivados de éstos</p>
<p>Ley 2 de 1959</p> <p>Sobre economía forestal de la Nación y conservación de los recursos naturales</p>	<p>Artículos 7, 10, 11, 13, 16</p>	<p>La ocupación de tierras baldías estará sujeta a las reglamentaciones que dicte el Gobierno con el objeto de evitar la erosión de las tierras y proveer la conservación de las aguas.</p> <p>El Gobierno podrá también usar de facultades similares para aquellos casos en que sea necesario adelantar prácticas de conservación y mejoramiento de los suelos</p>

afectada y el objetivo de restauración. Para su ejecución, este plan propone la participación de las autoridades ambientales, las entidades del Sistema Nacional Ambiental – SINA, los sectores productivos, las entidades territoriales, las instituciones educativas, los usuarios del recurso en general y la sociedad civil (Ministerio del Medio Ambiente, 2000;; Departamento Nacional de Planeación 2014 – 2018; Ministerio de Medio Ambiente, 2015).

Por otra parte, el Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES 2834 de 1996, propone la Política de Bosques el uso sostenible de éstos, su zonificación y el ordenamiento de las áreas boscosas, además el Estado busca promover la protección de los bosques mediante mecanismos que incentiven la conformación de nuevas reservas privadas. También el documento CONPES 2953 de 1997, establece la distribución de recursos del certificado de incentivo forestal de conservación, mediante la promulgación de la ley 223 de 1995 certificado de incentivo forestal por conservación– CIF y reglamentada por la Ley 900 de 1997.

Finalmente, el documento CONPES 3125 de 2001, mediante el instrumento Plan Nacional de Desarrollo, pone en marcha programas de zonificación, conservación y restauración de ecosistemas entre otros enfoques, con el fin de definir un manejo sostenible de la biodiversidad asociada a los bosques.

Adicionalmente, se debería aplicar y evidenciar a nivel nacional, el artículo 45 de la ley 99 de 1993, donde se indica que se debe compensar de forma monetaria, aquellas actividades asociadas con impactos ambientales del sector eléctrico por generación de energía hidroeléctrica o termoeléctrica. Estos recursos que deben ser ejecutados por las Corporaciones Autónomas Regionales para el fin propuesto, también deberían ser auditados por un ente controlador estatal, de tal manera que se verifique la ejecución y seguimiento del proceso de restauración.

No obstante, aunque existe la normatividad estatal para proteger ecosistemas estratégicos y restaurar áreas degradadas, existe un desestímulo a la conservación mediante el otorgamiento de licencias ambientales para el desarrollo de proyectos industriales: mineros, maderables, carbón y de otros

recursos del subsuelo en áreas de interés público. Este proceso de irresponsabilidad estatal, aumentaría la deforestación en las zonas con presencia de áreas protegidas de bosques como lo es el sistema de cordilleras de los andes; lo cual se considera una violación al derecho colectivo y al ambiente sano, tal como se declara en la Constitución Política Nacional de Colombia; sumado a esto, el Estado no está garantizando la participación de la comunidad en la toma de decisiones y/o en la generación de alternativas que ayuden a la solución de los asuntos que los afectan.

Finalmente, de acuerdo con las leyes, decretos e instrumentos para llevar a cabo la restauración ecológica de nuestro país, se considera que el Estado debe imponer medidas judiciales efectivas sujetas a la normatividad vigente. Además, se debería individualizar y multar de manera monetaria aquellos procedimientos relacionados con la afectación de los ecosistemas estratégicos que se ubiquen en áreas privadas. Por el mismo lado, los instrumentos económicos que se destinan para la protección se deben materializar para las áreas determinadas como estratégicas o siendo el caso; las Empresas que tienen licencia ambiental para el aprovechamiento de recursos naturales en tales áreas; deben compensar en forma monetaria a propietarios de predios de influencia del aprovechamiento (bien sea minero, forestal, del suelo, subsuelo, entre otras).

4.3. PASOS PARA REALIZAR RESTAURACIÓN ECOLÓGICA ACTIVA.

La restauración ecológica de áreas perturbadas precisa la implementación de técnicas de reposición basadas en conceptos claros y ajustables de la ecología, de tal modo que aporten con el tiempo, desarrollar una estrategia de restauración que responda al restablecimiento de ambientes degradados de tal modo que garantice su sostenibilidad (Barrera; *et al.* 2007).

Para realizar un tipo de restauración activa, se requiere tener claridad de la necesidad de restauración en la zona, tener conocimiento claro de la biodiversidad de la zona de interés antes de la alteración, tener claras las funciones y composición más importantes del ecosistema como lo son: si son corredores biológicos, los servicios ecosistémicos que presta, las especies pioneras que se podrían establecer, entre otros; además conocer las causas que originaron la alteración, los aspectos socioeconómicos de la zona de influencia, tener claridad en cuáles son las metas y objetivos de la restauración y finalmente establecer procedimientos de monitoreo y evaluación (Pequeño *et al.* 2016).

La restauración ecológica activa, de áreas disturbadas se desarrolla en tres fases: 1) la planificación, 2) el desarrollo de la capacidad técnica mediante proyectos piloto llevando a cabo protocolos; y 3) el monitoreo de los proyectos implementados mediante un sistema de información. Además, precisa que son tres enfoques en la implementación que dependen del tipo de intervención, del nivel de degradación del área y del objetivo de restauración: la restauración ecológica (*busca restablecer la función del sitio como también sus componentes, estructura y complejidad, es decir, busca un manejo integral de los aspectos relacionados con el espacio degradado, tratando de devolver al ecosistema las condiciones y funciones lo más cercanas a las previas a la degradación*), la rehabilitación (*mejoramiento del ecosistema desde un estado degradado sin tener como objetivo final obtener el ecosistema original, es decir, centra sus esfuerzos en el conocimiento de los principios y causas de la degradación de los sistemas naturales*) y en la recuperación de ecosistemas se pretende restablecer las funciones del ecosistema en el cual parte o toda la

diversidad se ha perdido . Se precisa también que el proceso de restauración ecológica debe tener como mínimo tres enfoques: social, económico y científico – técnico (Ministerio del Medio Ambiente, 1999, Vargas, 2010; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015;).

De acuerdo con varios autores, uno de los pasos más relevantes para iniciar con el proceso de restauración ecológica, consiste en definir y aprender a propagar especies nativas que representen las características biológicas y ecológicas más adecuadas para cada zona con sus condiciones ambientales respectivas, las cuales se pueden escoger de acuerdo a: sus características morfológicas, requerimientos climáticos, nutricionales, velocidad de crecimiento, alto porcentaje de germinación, tipo de propagación, entre otros (Cantillo; *et al.* 2007; Carranza, 2016). También se debería suponer la restauración como un ingreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales de cada zona, logrando nuevamente algún grado de estabilidad sin necesidad de manejos posteriores. Además, es importante considerar la elección de las especies a establecer de acuerdo a la utilidad que ésta ofrece a la población local (Vásquez, *et al.* 1999).

La restauración de un ecosistema es un proceso que requiere definir y seguir unas estrategias de forma planificada y controlada. Es así, cómo varios autores definen los pasos o metodologías a seguir, de manera que se encamine el proceso y que finalmente se cumplan los objetivos planteados para lograr la restauración:

De acuerdo con Meli, *et al.* (2011) y Comín, (2002) la restauración ecológica consta de las siguientes etapas:

1. Diagnóstico: donde se debe definir la ubicación, conocer la tenencia de la tierra en la zona para la toma de decisiones, cuales son los factores de degradación, personas o comunidades involucradas en el proceso de restauración y recursos humanos, financieros y tecnológicos.

2. Definición de objetivos: definir cuál es el ecosistema de referencia y determinar cuáles son las necesidades de restauración. Deben ser concretos, medibles, alcanzables y verificables.
3. Herramientas de restauración: definir la escala, tamaño, evaluar la disponibilidad de recursos.
4. Implementación: ejecutar la restauración ecológica, realizar actividades de control y direccionar de acuerdo a las metas trazadas.
5. Seguimiento de las actividades: el cual consiste en hacer mantenimiento y monitoreo permanente de indicadores. Además, se debe evaluar los resultados de la restauración; que comprende a la vez: mejora de las técnicas de restauración y redefinición de objetivos.
6. Documentación y comunicación: es importante compartir los resultados con la comunidad, difundir la información y experiencias con otras empresas interesadas en la restauración.

Por otra parte, Hobbs y Norton (1996), afirman que, para lograr el éxito en la restauración ecológica, hay que seguir unos pasos fundamentales que son:

1. Identificar y tratar las causas y procesos responsables de la degradación del ecosistema, donde se debe identificar las causas que originan la degradación (antrópicas o naturales), para saber cómo abordar el proceso de restauración.
2. Definir los objetivos de restauración, los cuales deben ser medibles y alcanzables en corto tiempo.
3. Implementar metodologías adecuadas para lograr los objetivos, de tal manera que se caractericen por ser sencillas y que involucren la comunidad en el desarrollo de las mismas.

4. Incorporar metodologías desarrolladas con éxito, donde se debe incluir en la aplicación de las tareas de recomposición, prácticas que se hayan desarrollado con éxito en la restauración de ecosistemas con características medioambientales similares.
5. Evaluar el grado de éxito y monitoreo al proceso de restauración, ya que es importante evaluar la efectividad del proceso de restauración, de forma tal que se evalúe el cumplimiento de las metas trazadas mediante un monitoreo periódico.

Así mismo, de acuerdo con Barrera, *et al.* (2007), los pasos a seguir en un proyecto de restauración son los siguientes:

1. Definir el objetivo de la restauración; se definen de acuerdo al área disturbada, a los recursos económicos disponibles y a los requerimientos de la comunidad.
2. Zonificación del área a restaurar; se debe caracterizar el área disturbada, cuando ésta sea mayor a una hectárea.
3. Caracterización física, biótica y social del sistema disturbado; es decir, tener conocimiento de la composición y el estado actual desde estos tres aspectos.
4. Definir factores tensionantes y limitantes del proceso de restauración; reconocer los obstáculos y factores internos y externos que limitan el desarrollo normal de las actividades de restauración.
5. Definir los factores que pueden acelerar la actividad de restauración; donde se debe reconocer los factores externos e internos que potencian el proyecto de restauración.
6. Implementar las técnicas y estrategias para el desarrollo de la restauración; es decir, deben ser implementadas acorde con los

objetivos trazados, la zonificación, la caracterización biótica y los factores tanto limitantes como potenciales.

7. Sistema de evaluación y seguimiento; es decir, definir las variables a utilizar para evaluar el éxito del proyecto.
8. Participación comunitaria; se debe involucrar a la comunidad local en el proceso de la restauración, desde la etapa inicial del diagnóstico, pasando por la ejecución y en la evaluación.

Este último autor, también asevera que se deben hacer montajes de experimentos, que permitan analizar los resultados obtenidos y de esta forma poderlos replicar en otras zonas con iguales características ambientales.

Es importante resaltar, que otros autores como Calle, *et al.* (2007) han propuesto pasos metodológicos para la conservación y restauración ecológica de poblaciones de plantas vulnerables de paisajes ganaderos degradados los cuales se comparten a continuación:

1. Tener conocimiento preliminar de la vegetación (árboles, arbustos, bejucos, lianas) de la zona, donde se pretende realizar la restauración; donde se debe escoger un grupo de especies focales de interés de conservación, de acuerdo con el grado de amenaza al que estén sujetas.
2. Marcar los individuos y clasificarlos por edad: marcación de individuos de adultos y plántulas en las poblaciones naturales (Bosques o remanente boscosos).
3. Definir la estructura poblacional natural mediante la marcación y medición periódica de individuos de todas las clases diamétricas. Realizar revisión fenológica periódica a los árboles marcados.
4. Delimitar parcelas de regeneración para evaluar la supervivencia y crecimiento.

5. Finalmente, realizar ensayos de restauración en los paisajes ganaderos degradados con las especies focales evaluadas y hacer monitoreo de supervivencia.

Finalmente, Vargas (2010) define trece pasos en cuatro fases, para llevar a cabo el proceso de restauración, los cuales han sido propuestos de acuerdo con las bases teóricas y conceptuales de este proceso ecológico y experiencias de restauración de diferentes ecosistemas a nivel mundial:

Fase diagnóstica

1. Definir el ecosistema: en este paso se debe tener el conocimiento pleno de la región, su historia, sus características, tipo de ecosistema, entre otros.
2. Evaluar el estado actual del ecosistema: se evalúa las características previas y sus condiciones actuales para definir los objetivos de la restauración.
3. Definir niveles de organización: se debe puntualizar la composición y la estructura actual del ecosistema a restaurar.
4. Establecer escalas y grado de disturbio: este paso propone clasificar los disturbios que sufren los ecosistemas de acuerdo a su severidad.

Fase diagnóstica experimental

5. Consolidar la participación comunitaria: es importante implementar el manejo ambiental con las necesidades de la población local.
6. Evaluar el potencial de regeneración: se requiere evaluar la disponibilidad, ubicación y abundancia de especies en la región.
7. Definir los limitantes para la restauración ecológica: definir hasta que punto se puede garantizar la recuperación de un área, de acuerdo al reconocimiento de las condiciones actuales.
8. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración: el éxito y la satisfacción que se logra en los procesos de restauración depende de la selección de las especies a utilizar.

9. Propagar y manejar las especies: garantizar la propagación y crecimiento permanente de las especies seleccionadas.
10. Seleccionar los sitios a restaurar: donde se debe seleccionar el lugar donde se realizará el proceso de restauración de acuerdo con ciertos criterios como: accesibilidad, grado de alteración, estado del suelo e hidrología, entre otros.
11. Diseñar estrategias de superación de barreras de la restauración: es necesario desarrollar técnicas físicas, químicas y biológicas para suprimir o atenuar los factores de degradación ambiental.

Fase de monitoreo:

12. Monitoreo del proceso de restauración: se debe diseñar un método y/o variables de evaluación y seguimiento, en el espacio y en el tiempo.

Fase de consolidación:

13. Consolidar el proceso de restauración: evaluar si el proceso de restauración cumple los objetivos trazados.

Por otra parte, es importante mencionar, que no todas las acciones pueden favorecer los procesos de restauración ecológica; algunos autores manifiestan que se pueden presentar impactos negativos en los programas de restauración de ecosistemas relacionado con el establecimiento y propagación de especies vegetales exóticas, las cuales adquieren el carácter de especies invasoras lo que se traduce en la presión que éstas ejercen sobre la regeneración natural mixta inhibiendo su crecimiento. Añaden que, para el sostenimiento de los programas de restauración de zonas degradadas, se debe implementar un control de las especies exóticas que permita aumentar el aporte de componentes nutricionales a las especies nativas producto de la regeneración natural, para que se logre una cobertura vegetal con características similares a la vegetación original (Ceccon, *et al.* 2016).

También es de resaltar, un concepto claro acerca del objeto y la viabilidad de la restauración ecológica, ya que para algunos es un negocio porque se direccionan y se otorgan presupuestos en ocasiones altos, dedicados a los programas, lo que se traduce en poco control sobre la ejecución, escasos resultados y también poca efectividad de los mismos; otra variable desfavorable en el desarrollo de programas de restauración tiene que ver con la búsqueda de beneficios económicos, publicidad e imagen, por parte de organismos públicos, entidades privadas, con y sin ánimo de lucro, asociaciones culturales y grupos organizados, argumentados en un sincero deseo de recuperar ambientes degradados, pero los esfuerzos se traducen en escasos rendimientos y en poca gestión ambiental (Comín, 2002; Ollero, 2011).

Por otro lado; según Maglianesi, (2011) el proceso de restauración ecológica no se realiza a través de pasos metodológicos, ya que considera que se realiza desde un campo donde hay poco conocimiento teórico disponible, en el cual se presenta un proceso de aprendizaje empírico de prueba – error, mediante la utilización de experimentos sin control, es decir, la restauración ecológica no sigue un plan de acción definido. Así mismo, Calle, *et al* (2002) considera que en la restauración de ecosistemas no se ve claro un sistema organizacional transparente, ni un marco regulatorio adecuado, ni una estructura de gobernanza que permita avanzar hacia el logro de la meta que permita alcanzar el objetivo de la restauración.

De otro lado, se determina que el aporte de los servicios asociados a los ecosistemas restaurados, se consideran en un nivel inferior a los servicios asociados a los ecosistemas naturales, dicho de otro modo, los rendimientos de bienes y servicios del bosque suelen ser más dinámicos evitando la degradación de éstos (PNUMA, 2010).

Finalmente, se puede concluir que aparte de implementar estos pasos sugeridos por diferentes autores para alcanzar con éxito un proceso de restauración; es prioritario que el estado y las entidades ambientales establezcan protocolos de monitoreo que deben ser paralelos al plan nacional de restauración y que permitan medir periódicamente las áreas restauradas,

las metas y/o variaciones de restauración real en el tiempo; y determinar que éstas sean consideradas como Sistemas locales y/o departamentales de áreas protegidas (SILAP, SIDAP) administradas por los entes municipales, las CAR o hagan parte de las reservas de la sociedad civil. Además, debe disponer de recursos necesarios para que la inspección y vigilancia sea de forma efectiva a los recursos naturales y a las actividades medioambientales que se deriven de su uso.

4.4. ALTERNATIVAS POTENCIALES PARA LA RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS.

A modo de introducción, la influencia humana, sumado a la alta presión que ejerce el ganado en las zonas que se consideran de ampliación para la agricultura convencional, transforma los paisajes de tal manera, que los ecosistemas y las áreas de bosque son reemplazadas por extensas zonas de pasto y cultivos agrícolas, originando con ello cambios en los ecosistemas de manera irreversible, contribuyendo en gran medida a que las perturbaciones sean más frecuentes (Jaksic, *et al.* 2015).

Considerando las consecuencias que ejerce la población y la producción mediante el uso de tierras, aumentando así las áreas degradadas, se hace necesario adoptar medidas que aminoren los daños ambientales y que establezcan métodos o herramientas de manejo de las coberturas vegetales que ayuden a la rehabilitación del suelo y que contribuyan al sostenimiento de los factores ambientales asociados (Lamprecht, 1990; Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, 2004).

Así, la restauración de ecosistemas degradados se puede realizar mediante el desarrollo de actividades agroforestales y forestales y como lo son: sistemas agroforestales, corredores biológicos y reforestación protectora, entre otras; que tienen como fin recuperar las áreas que han sido disturbadas por diferentes procesos bien sea naturales o antrópicos, además pretenden mediante la revegetalización, mantener la biodiversidad logrando mantener o generar conectividad entre los fragmentos o parches que se encuentran aislados; permiten además conservar los suelos mediante la generación de cobertura vegetal que incide en la protección contra la erosión, aumentar el refugio de especies de aves, mamíferos y otras especies, como también proveer fuentes maderables y no maderables, conservar fuentes de agua, entre otros beneficios (Schulte, *et al.* 1992).

En este sentido, varios autores determinan que para lograr la restauración de ecosistemas degradados se pueden implementar algunas herramientas de

manejo del paisaje como son: cultivos mixtos, bancos de proteína, cultivos multiestrato, árboles aislados en potreros, cercas vivas, reforestación protectora, corredores biológicos. Para nuestro estudio, nos enfocaremos en algunas herramientas de restauración ecológica como son los sistemas agroforestales, los corredores biológicos y la reforestación protectora.

Con respecto a los sistemas silvopastoriles (árboles asociados con pastos, los bancos forrajeros, las cercas vivas, etc.), se consideran que son de gran beneficio en los procesos de restauración ecológica; y su implementación favorece de manera significativa al medio ambiente, mediante las siguientes funciones ecosistémicas: el mejoramiento en calidad y cantidad del recurso hídrico, la conservación de la biodiversidad para la provisión de servicios ecosistémicos, minimiza la acción directa de los rayos del sol, impactan positivamente en la infiltración y aumento de la retención de agua en zonas de pendiente, disminuyen la contaminación de las aguas, protegen los suelos contra la erosión, contribuyen a la captura de gases de efecto invernadero; como también, a la polinización y dispersión de semillas que consecuentemente servirán de hábitats y fuente de alimentación para muchas especies de fauna silvestre, posteriormente se dispersarán en el mosaico de paisajes en proceso de restauración y por consiguiente, favorecerán al control de plagas y enfermedades, lo cual redundará a un mayor rendimiento de producción de biomasa en áreas de cultivos anexos (Cenicafé, 1999; Beer; *et al.* 2003; Alonso, 2011).

Es decir, los sistemas agrosilvopastoriles deben ser una herramienta adicional que deben ser agregados en el manejo del paisaje implementados de forma tal, que aumenten la cobertura arbórea, permitan amortiguar y conectar las áreas protegidas con el fin de mejorar la calidad del hábitat, emprender acciones que mejoren las características del entorno, lograr la conservación y la protección de los fragmentos de bosques remanentes y que brinden condiciones adecuadas para la sostenibilidad de zonas que aporten elementos alimenticios para las especies, lograr su subsistencia y su reproducción (Beer, *et al.* 2003; Cenicafé, 2012; Murgueitio, *et al.* 2015).

Por otra parte, los sistemas integrados de producción, no solo generan ingresos adicionales al núcleo familiar, sino que también permite aprovechar al máximo los nutrientes del suelo, proveer sombra temporal a los cultivos, mantener el paisaje natural para fines ecoturísticos, el mejoramiento del paisaje, conservar los sistemas hidrológicos, además permiten reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos, entre otros beneficios (Ortiz, *et al.* 2006; Ibrahim; *et al.* 2006; Ania, *et al.* 2010; IDEAM, 2011).

Otras herramientas de restauración ecológica, son los corredores biológicos y la reforestación protectora, las cuales se especifican como las áreas que, a través de su ordenamiento planificado, permiten la unión entre dos o más sitios protegidos (áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento), en las cuales se pueden llevar a cabo actividades protectoras o de producción sostenible, mediante arreglos que faciliten su uso selectivo (Velásquez, 2015).

El establecimiento y conservación de árboles en la franja de transición entre las zonas de producción y el bosque, deben propiciar el enriquecimiento vegetal, lo que conlleva a mejorar la conectividad ecológica, mantener los bienes y servicios ecológicos, así como garantizar la permanencia de especies vegetales de gran valor ecológico; logrando mantener el intercambio genético, la conservación y aumentar y/o mantener la riqueza y la diversidad. El establecimiento de los corredores biológicos es un método de conservación de gran impacto como medida de recomposición de ecosistemas (Calle, *et al.* 2002; Cantillo, *et al.* 2007; Velásquez, 2015).

La preservación de la biodiversidad será posible si se materializa y se orienta el esfuerzo a trabajar en el establecimiento de coberturas dominantes para el manejo del paisaje, como lo son: los bosques secundarios, los agroecosistemas y los sistemas de aprovechamiento racional de los recursos naturales; como también, el establecimiento de corredores biológicos. Esta última iniciativa de conservación se debe complementar en las tierras privadas y comunales, e incluirlas como nuevas áreas de reserva mediante la definición de estrategias de conservación orientadas a la preservación, además su implementación surge como respuesta a un proceso de integración en materia

ambiental y da pie para impulsar la creación de más áreas protegidas en instancias regionales (Brown, *et al*; 2001).

Dicho de otra forma, las carreteras biológicas o corredores biológicos se consideran una herramienta de conservación indispensable, que tiene como fin principal conectar poblaciones naturales y fragmentos de bosque mediante el establecimiento de especies vegetales protectoras; su implementación requiere de un análisis previo con respecto a lo que queremos conectar, definir variables como por ejemplo si hay presencia de especies que siguen una ruta y trayecto de movilidad; se debe tener claro qué se está conectando, definir una relación a nivel costo – beneficio; de esta forma definir con cierta precisión las rutas de conectividad a implementar, de acuerdo a la definición previa del objeto de conservación que lleve en última instancia a lograr la meta de garantizar la conectividad, la conservación de los servicios ecosistémicos, así como restaurar la integridad y funcionalidad de los ecosistemas (Van Der Hammen, 2003; Ania, *et al*. 2010; Rico, *et al*. 2017).

De igual forma, la construcción de los corredores biológicos debe estar integrada a los criterios de conservación contemplados en los planes de desarrollo estatal, departamental y municipal; su diseño y monitoreo se debe centrar en las áreas focales y prioritarias para la conservación, lo cual se logra a través de la participación comunitaria, planificar las acciones encaminadas a definir criterios de planificación local, coordinar acciones para el logro de las metas, así como impulsar a través de referentes justificables otras prácticas de uso sustentable de la biodiversidad (Eccardi; 2003).

Por ejemplo, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Fondo Nacional del Café - FNC) ha implementado la silvicultura como alternativa de producción en la zona marginal de la región cafetera”, y su fin principal es diseñar e implementar corredores biológicos, los cuales tendrán como función principal establecer núcleos forestales que permitan recuperar o mantener la conectividad con las áreas protegidas ya existentes, tanto a nivel local como a nivel regional, de igual forma, para lograr el aumento de la capacidad de recuperación de la biodiversidad que facilite a algunas especies animales y

vegetales migrar y adaptarse a otras condiciones medioambientales (PNUMA, 2010; Parques Nacionales Naturales de Colombia, *et al.* 2012).

Finalmente, otra herramienta de manejo del paisaje es la reforestación protectora, su principal objetivo tiene que ver con el conocimiento de aspectos detallados de las especies a utilizar como son: la constitución de las especies, requerimientos de suelo, aspectos climáticos, fisiología, la composición química y los requerimientos nutricionales, relaciones interespecíficas, entre otras; que determinan el crecimiento, la sobrevivencia y la capacidad de resistencia, además de impulsar procesos de regeneración natural que tiene como fin principal, aumentar el área con cobertura vegetal para facilitar de esta forma las vías de conectividad, como también amortiguar los procesos de degradación, mantener la diversidad, entre otros beneficios (Villar, *et al.* 2008; Figueroa; *et al.* 2009; Zuluaga; *et al.* 2011; Mora, *et al.* 2015).

Es importante mencionar, que no es lo mismo tener un bosque producto de la restauración ecológica, que tener un bosque nativo y sus servicios asociados, la restauración ecológica no busca recuperar la situación original de un ecosistema, toda degradación ambiental severa conlleva a una pérdida irreversible, pero el ecosistema tiene “memoria ecológica” y conserva información parcialmente codificada en su estructura y funcionamiento, de forma tal que puede activarse y/o perdurar en los procesos activos que se emprendan (Bengtsson, *et al.* 2003).

Finalmente y a modo de conclusión de lo que se comparte en este capítulo, se considera que, para iniciar los programas de restauración ecológica mediante las estrategias mencionadas, se deben tener presente las condiciones ambientales y ecológicas de cada zona; y a partir de ahí, poder formular estrategias de manejo y protección, que consideren la variabilidad ambiental. Es necesario además, contar con suficiente información que indique lo que se debe conservar y definir dónde se deben localizar los corredores biológicos con el fin de recuperar la conectividad, además presentar un mapa ecológico general bien estructurado, que será base fundamental para ajustar los planes de ordenamiento territorial.

Es importante tener presente, que la pérdida de hábitats y la fragmentación de ecosistemas son consideradas graves amenazas para la conservación de la diversidad biológica; por consiguiente, dicho detrimento dificulta el intercambio genético y reduce el aporte de servicios ambientales; como también, minimiza la cobertura vegetal haciéndola menos heterogénea, lo que redundaría en menos biodiversidad, disminución de las poblaciones que son dependientes de recursos específicos, las cuales se vuelven tan pequeñas que quedan expuestas a la extinción (Van Der Hammen, 2003; Rico, *et al.* 2017;). Así, es necesario que para sostener o mantener la diversidad, se apunte directamente a la conservación de parches de bosque nativo mediante estrategias de “conectividad”, a través de sistemas agroforestales, corredores biológicos y reforestación protectora.

4.5. ALGUNOS CASOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE BOSQUES ANDINOS EN COLOMBIA

De acuerdo con el documento del Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana, el planteamiento de la importancia a nivel mundial de las montañas, se presentó en 1.992 Rio de Janeiro en la conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el desarrollo (CNUMAD). Adicionalmente, el documento argumenta que el Consejo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), seleccionó el tema de los ecosistemas de montaña como uno de los programas estratégicos de desarrollo sustentable en la Región Andina por medio de proyectos y programas ambientales dirigidos al desarrollo sostenible en zonas de bosques húmedos neotropicales en Latinoamérica (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Los hotspots o “puntos calientes de la biodiversidad definidos para los Andes Tropicales son incomparables por la alta biodiversidad, por la riqueza de especies y el grado de endemismo. Cuenta con al menos la sexta parte de la vida vegetal del planeta, incluida las especies de plantas vasculares, la mayor variedad de anfibios, aves, mamíferos y reptiles; además de su reconocimiento por la diversidad cultural (Michele, *et al*; 2015).

Los bosques Andinos o bosques de niebla, corresponde a los bosques de montaña lluviosos situados en los Andes y son propios de Colombia, Ecuador, Venezuela y parte del Perú. En Colombia, el bosque andino se caracteriza por la presencia constante de niebla y formaciones vegetales que se consideran únicas e indispensables; y tiene entre sus funciones principales: la regulación del flujo hídrico y servir de albergue para una amplia variedad de especies vegetales y animales tanto endémicas como nativas. Los bosques andinos en Colombia están distribuidos generalmente en las laderas de las cordilleras oriental, central y occidental y sus estribaciones, como también, en otras formaciones vegetales no asociadas a las cordilleras; en éstos bosques la vegetación ha sido sometida a una gran presión debido a la expansión de la

frontera agrícola y ganadera (WWF, *et al.* 2001; Cantillo, *et al.* 2009; Michele, *et al.* 2015).

Todas las formaciones andinas y asociaciones boscosas ubicadas a lo largo y ancho del territorio colombiano, albergan gran cantidad de diversidad en aspectos como: flora, mamíferos, invertebrados y existe una relación estrecha con las formaciones adyacentes de las tierras bajas de los valles de las cuencas de los principales ríos (WWF, *et al.* 2001).

Es importante tener presente, que los bosques andinos en Colombia hacen parte de diferentes zonas de vida según la clasificación de Holdridge (1967), que se categorizan de acuerdo con la agrupación e interacción de una serie de características bióticas y abióticas. Estas zonas de vida se manifiestan en una variada disposición de formas y paisajes que permiten la tipificación de las coberturas vegetales, su estructura, distribución de las especies; los cuales a su vez están determinados por factores como el clima, el suelo, el subsuelo, la inclinación y la exposición solar; además de las múltiples interacciones entre los sistemas bióticos (Rangel, *et al.* 1985, 2000, 2015).

Adicionalmente, las zonas de vida están determinadas por pisos altitudinales, y de acuerdo con esto, aquellas altitudes donde predominan estos bosques también conocidos como selvas andinas y/o bosques de montaña, están comprendidas entre los 1.000 metros y los 4.000 metros sobre el nivel del mar. Esta formación vegetal incluye una zona ubicada entre los 1.900 y 2.700 metros sobre el nivel del mar denominados bosques altoandinos, con presencia principalmente de robledales, bromélias y orquídeas (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2006).

Desafortunadamente, estos ecosistemas boscosos se encuentran amenazados por una alta fragmentación progresiva, que es originada por una intensiva e indiscriminada explotación de los recursos naturales y a la conversión del uso del suelo para dedicarlo a la agricultura y ganadería; esto genera un impacto directo sobre el paisaje y los procesos ecológicos, puesto que gran parte de la población Colombiana está asentada en esta zona (Marín; *et al.* 2008).

Ésta presión antrópica en los bosques andinos, repercute gravemente en el tiempo que se requiere para que recuperen su estructura y su composición florística; así la restauración de estos bosques puede tardar entre 150 y 200 años; siendo más rápida la recuperación de áreas más pequeñas o claros que se crean mediante la implementación de la agricultura migratoria Brown, *et al.* (2001).

Ahora bien, de acuerdo con la importancia ecológica de estos bosques y a su aporte de servicios ecosistémicos, en nuestro país se han implementado varios proyectos para lograr su restauración ecológica, los cuales se expondrán algunos casos a continuación:

Por ejemplo, en el departamento de Cundinamarca, se llevó a cabo un proceso de restauración ecológica en la Reserva Forestal Cárpato, ubicada en estribaciones de la cordillera Oriental de Colombia entre los 2.600 y los 3.000 msnm. Uno de los objetivos de este proyecto fue hacer una caracterización sucesional de la vegetación nativa, con el fin de realizar una restauración mediante las fases de preparación, ejecución, sistematización y análisis de la información en áreas de la reserva degradadas. A partir de los resultados de este objetivo, se identificaron etapas del proceso de sucesión natural, lo que permitió estimular la revegetalización natural y el establecimiento de nuevos individuos buscando etapas sucesionales más avanzadas. Este proceso de restauración se realizó mediante el método de plantación escalonada, para establecer en una primera fase las especies tolerantes a la exposición solar y luego plantar especies tolerantes a la sombra, de esta forma se logró una asociación entre diferentes comunidades con diferente estado de desarrollo. Finalmente, mediante la ejecución de este proyecto se pudo inferir, que la composición florística y el modelo de asociación entre diferentes especies y de diferente estado de desarrollo, demuestran no solo la evolución del proceso de recuperación, sino que se convierten en dinamizadoras del proceso y preparan la zona para nuevas asociaciones vegetales (Cantillo, *et al.* 2009).

Por otra parte, en bosques Andinos y en ecosistemas aislados del departamento de Antioquia, específicamente en áreas de manejo especial de

las cordilleras Central y Occidental, se llevó a cabo un programa de restauración y manejo sostenible de ecosistemas forestales, con el objetivo de aumentar la cobertura boscosa en las microcuencas y cuencas abastecedoras de acueductos veredales y municipales que son tributarias al río Cauca. Dicho proceso de restauración, se llevó a cabo mediante las siguientes acciones: (i) establecimiento de plantaciones forestales; (ii) establecimiento de enriquecimiento vegetal (iii) establecimiento de cercas vivas (iv) aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural (restauración pasiva); además, en este proceso se tuvo en cuenta la capacitación ambiental para la formación de promotores de la comunidad en las temáticas relacionadas en los literales anteriores, a fin de coadyuvar en la gestión ambiental de la cuenca hidrográfica. Con este proyecto se logró la implementación de herramientas de manejo del paisaje en predios públicos y/o privados, mediante el establecimiento de 120 hectáreas de corredores biológicos; 180 hectáreas de enriquecimiento vegetal; 90 hectáreas de sistemas agroforestales; 260 hectáreas de plantaciones forestales, 140 hectáreas de cercas vivas, 20 hectáreas de establecimiento de guadua y 200 hectáreas de aislamiento (restauración pasiva), además compra de tres (3) predios para destinación ambiental en área de reserva y/o zona de abastecimiento de recurso hídrico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Convenio Interadministrativo de Cooperación 02 F – 06, 237 de 2006, FONAM – CORANTIOQUIA; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Convenio Interadministrativo de Cooperación No 06 de 2008. Proyecto FONAM – CORANTIOQUIA No 347; Gobernación de Antioquia, Secretaría de Infraestructura, 2012. CONVENIO CF-20-032 873; Gerencia de Proyectos Estratégicos – CORANTIOQUIA).

Otro caso de restauración llevado a cabo en el Suroeste Departamento de Antioquia, en las estribaciones de la cordillera occidental, cuenca del río San Juan; fue la implementación de modelos de restauración ecológica en áreas críticas de la Reserva Natural Farallones del Citará; dicho programa se desarrolló con el objetivo de evaluar las mejores combinaciones de especies en modelos de recuperación ecológica y lograr beneficios relacionados con la amortiguación o freno de procesos erosivos, restablecimiento del régimen hídrico, de nutrientes, la recuperación y posterior conservación de la diversidad

específica y genética en la zona. Las parcelas de restauración se establecieron en dos (2) zonas (zona 1 en la margen del río La Chaparrala y zona 2 en afluente del río Santa Rita) que desaguan al río San Juan, el cual es uno de los principales tributarios del río Cauca en la subregión del Suroeste Antioqueño. En el montaje de los ensayos se consideraron diferentes tratamientos o modelos que consistieron en el establecimiento de 19 especies vegetales de los siguientes grupos ecológicos: especies pioneras, especies secundarias y especies climácicas. Se logró el establecimiento de cuarenta y ocho (48) parcelas, que representaron un área total de 22,18 hectáreas, donde se lograron resultados positivos con relación al crecimiento en altura y diámetro de las especies del grupo ecológico pioneras, ya que los factores ambientales presentes en la fase de sucesión fueron adecuados. Por otra parte, de este proyecto se concluye que se deben generar condiciones microclimáticas apropiadas, para reproducir de manera óptima el estado sucesional de aquellas especies que se van a combinar en los modelos de restauración (Corantioquia - Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 1999).

Otro caso de un proceso de restauración, es el que se llevó a cabo en el Departamento de Caldas, en la Cuenca hidrográfica del Río Chinchiná, mediante la consolidación de un proceso de desarrollo forestal sostenible, orientado a asegurar la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y a generar una alternativa de producción y empleo para la ciudad y la región. Las metas de este proyecto entre otras fueron: (i) la implementación de corredores ambientales para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad; y (ii) el desarrollo de capacidad de organización asociativa entre las comunidades beneficiadas por el proyecto, para el mejoramiento de su calidad de vida. Los resultados más relevantes fueron que se establecieron 2.653 hectáreas compuestas por: sistemas agrosilvopastoriles, establecimiento de corredores biológicos favoreciendo la conectividad entre fragmentos de bosque y zona de amortiguación del Parque Nacional de los Nevados, como también la adopción de servidumbres ecológicas que tienen como fin asegurar de algún modo la sostenibilidad en cuanto a la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica, el manejo del paisaje, así como el ecoturismo (Acosta *et al.*, 2005).

Finalmente, a parte de los proyectos de restauración que se han realizado en el bosque Andino, también se han realizado estudios donde se evalúa estos procesos. Por ejemplo en el Departamento de Cundinamarca, en la reserva biológica El Encenillo; la cual fue constituida en el año 2006 por la Fundación Natura, en la que se han adelantado procesos de restauración activa en el bosque altoandino con el establecimiento de alrededor de 30 especies representativas de éste tipo de bosque, en el que se evaluó el proceso de restauración, como base para implementar un esquema de monitoreo a largo plazo. Para lograr esto, se evaluaron parámetros estructurales y de composición florística en el bosque mediante actividades de: (i) caracterización de la composición y estructura de la cobertura vegetal generada a partir de acciones de restauración ecológica (ii) evaluación del estado actual y tendencia sucesional de las coberturas vegetales generadas a partir de acciones de restauración (iii) proposición de un esquema de monitoreo para las acciones de restauración ecológica. Así, una de las conclusiones generadas con respecto a este proyecto, es que algunas parcelas establecidas presentan una tendencia hacia el bosque maduro de referencia, aduciendo a que el manejo más adecuado en adelante sea la restauración pasiva, como también intervenir áreas en restauración aledañas al bosque natural, lo que permite comparar con mayor detalle los procesos de restauración que permitirá la mejora de la conectividad del paisaje y el aumento en la oferta de bienes y servicios (Cuellar, *et al.* 2017).

Por otra parte, en el Departamento de Antioquia, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, se muestra la importancia que debe tener la participación campesina para llevar a cabo de manera exitosa los procesos de restauración ecológica. De acuerdo con Turbay, *et al.* (2013) en este proyecto se identificaron algunos factores que afectaron la participación campesina en la restauración ecológica en el parque, como por ejemplo: temor por la expropiación de predios, desconfianza hacia los técnicos, fallas en la comunicación, obstáculos económicos y culturales para limitar la ganadería, entre otras. En el proyecto de restauración ecológica se pretendía realizar mediante dos tareas específicas: (i) aislamiento de áreas en terrenos privados y/o públicos con el fin de propiciar un proceso de sucesión natural mediante la siembra de especies nativas; (ii) desarrollo de actividades agropecuarias que

puedan disminuir los impactos ambientales. No obstante, y dada la resistencia de la comunidad a participar en este proyecto de restauración, se adaptó una finca agroecológica demostrativa para motivar a la comunidad en la participación del proyecto.

Finalmente, y de acuerdo con la información compartida de estos casos, donde se relaciona información indispensable que da cuenta de los procesos a llevar a cabo para lograr el desarrollo de prácticas de restauración, se puede concluir que es importante recopilar y tener bases conceptuales claras sobre la restauración ecológica en el Bosque Andino, que permitan generar a modo de ilustración de qué forma se podría abordar el proceso de restauración como una alternativa que ayude a la recuperación y mantenimiento de la estructura y función de estos ecosistemas boscosos, con el objeto de que continúen generando bienes y servicios ambientales a la población. Adicionalmente, es importante tener presente en estos proyectos, el monitoreo continuo de los procesos de restauración para verificar que realmente se esté cumpliendo con el objetivo deseado; cómo también, involucrar la participación de la comunidad para que estos proyectos se mantengan a largo plazo.

CONCLUSIONES GENERALES

1. El objeto de una restauración ecológica es restablecer algunos componentes ambientales que se disminuyeron en los ecosistemas terrestres, debido a la ocurrencia de fenómenos naturales y/o avenidas torrenciales, como también al aumento de actividades provocadas por las actividades conscientes o inconscientes del ser humano.
2. Existen diferentes recursos normativos relacionados con la protección de los recursos naturales y la restauración ecológica de áreas degradadas. Para el Estado Colombiano es claro que debe velar por la protección de la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de importancia ecológica, como también, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. Ahora bien, al Estado le hace falta herramientas claras de planificación y evaluación de impactos en la administración de los parques nacionales Regionales y reservas forestales, además, tener reglas claras en administrar áreas que no forman parte de parques naturales denominadas “zonas de exclusión”.
3. Aunque existe la normatividad estatal para proteger ecosistemas estratégicos y restaurar áreas degradadas, existe un desestimulo a la conservación mediante el otorgamiento de licencias ambientales para el desarrollo de proyectos industriales: mineros, maderables, carbón y de otros recursos del subsuelo en áreas de interés público. Este proceso de irresponsabilidad estatal, aumentaría la deforestación en las zonas con presencia de áreas protegidas de bosques como lo es el sistema de cordilleras de los andes; lo cual se considera una violación al derecho colectivo y al ambiente sano, tal como se declara en la Constitución Política Nacional de Colombia; sumado a esto, el Estado no está garantizando la participación de la comunidad en la toma de decisiones y/o en la generación de alternativas que ayuden a la solución de los asuntos que los afectan.

4. Una de las fases para restaurar áreas degradadas es definir los actores involucrados en el proceso e implementar una gestión colaborativa que conlleve a definir una visión compartida. Esto permitirá establecer estrategias donde se planifiquen las acciones más necesarias y generar los mecanismos económicos con los cuales se pueden alcanzar las tareas enfocadas en encontrar soluciones más equitativas y sostenibles en materia social y ambiental.
5. Para que los programas de restauración ecológica se logren de forma eficiente y efectiva, se debe hacer una buena planificación definiendo claramente el objeto principal de la restauración basada en pasos claros, medibles, ajustables que ayuden a generar una estrategia que se pueda aplicar a otros ambientes degradados.
6. Para lograr la efectividad en el proceso de restauración, hay que hacer énfasis en vincular a la comunidad local a hacer parte del proceso, que incluya desde su etapa inicial de determinar cuál es el ecosistema que se debe restaurar, de acuerdo a características de viabilidad ya descritas previamente en socialización. La importancia de impulsar acciones participativas en los procesos de restauración de ecosistemas, conectan a las personas para que hagan parte de la solución en la adopción de alternativas, que apunten al restablecimiento de los procesos ecológicos de conservación y mantenimiento de las áreas intervenidas.
7. Con el fin de lograr la recuperación ambiental y conservación de la vegetación se puede implementar algunas alternativas como lo son: sistemas agroforestales, corredores biológicos y reforestación protectora, entre otras. Estos sistemas ecológicos tienen como fin principal aumentar la cobertura arbórea y la recuperación de los procesos ecológicos; como también, permitir la conectividad entre áreas restauradas con las áreas de reserva natural, lo cual logra el desplazamiento y sostenibilidad de las especies de flora y fauna.

8. En los procesos de restauración ecológica que se han realizado en el bosque andino colombiano, en cierta medida, se ha logrado alcanzar las metas trazadas. Además, estas experiencias pueden contribuir a que se ejecuten otros procesos de restauración en zonas con condiciones ambientales similares.
9. Existe información bibliográfica donde se evidencia que se han llevado a cabo procesos de restauración ecológica en Bosques Andinos de nuestro país, no obstante, aún existen vacíos de información en las herramientas metodológicas que se pueden implementar para hacer el seguimiento, monitoreo y evaluación a largo plazo de los objetivos planteados para restaurar dichos ecosistemas boscosos.
10. Realmente las cifras de deforestación, restauración, sistemas de monitoreo de la vegetación nos señalan unas metas alcanzadas o no alcanzadas y unos logros o vacíos encontrados durante el proceso; pero existen pocos datos en nuestro país, acerca de la cuantificación de la restauración de algunos servicios ambientales como: reducción del ruido, reducción de sustancias contaminantes, producción de oxígeno por área restaurada o conservada, regulación hídrica y restauración de buenas condiciones físicas y químicas del suelo.

A MODO DE RECOMENDACIÓN:

1. La restauración de ecosistemas claves debe contar con el apoyo permanente de capital financiero, bien sea por medio del Estado, como también recursos que provengan de la sobretasa ambiental; estos recursos deben ser inyectados a los programas de reforestación y restauración; además se debe apoyar el programa de incentivos por restauración a quienes demuestren recuperación de servicios ambientales en áreas de manejo especial y ecosistemas estratégicos.

2. Entre las labores en restauración en Bosques Andinos, se debe hacer monitoreo periódico en los procesos de la recuperación de otros aspectos ecológicos como son: flora asociada a las plantas establecidas, proceso de dispersión de semillas, así como estimar el carbono almacenado en áreas restauradas con el fin de acceder a compensación ambiental. Además, se debe contar con información consolidada, completa y organizada que haga trazabilidad de los procesos reales de los programas de restauración ecológica; toda esta información debería ser de fácil acceso para toda la población.
3. Las compensaciones por pago de servicios ecosistémicos, se deben hacer a perpetuidad respaldadas por una garantía financiera, sostenibilidad económica y una sólida normatividad, que permitan realmente la conservación y recuperación de los ecosistemas objeto del plan de compensación. La compensación ambiental tiene falencias en su metodología, ya que no se llevan a cabo con eficiencia las acciones encaminadas a la conservación. Así, falta orientaciones claras que definan cuando implementar las compensaciones, cual es el tiempo en el cual se debe realizar la compensación y la definición de lineamientos uniformes para realizarlas.
4. Los fondos ambientales que se generen en pro de la conservación del ambiente, deben ofrecer un respaldo financiero para las compensaciones, de tal forma que se garantice la seguridad, la transparencia y que evidencie los efectos positivos en términos de ganancia de biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

Acero, A. y Cortéz, F.; (2014). *Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica*, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación en Ecología de Bosques Andinos Colombianos-EBAC, Tunja, Colombia, pp 195 - 205.

Acosta, I. y Muñoz, J. (2005). *Procuenca, proyecto forestal para la cuenca del Río Chinchiná, Departamento de Caldas*; Estudio de caso No 1, Bogotá, Colombia.

Alonso, J. (2011). *Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente*, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 45, núm. 2, pp 107 – 115.

Ania, Y. y Leyva, A. (2010). *La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas*; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Revista Cultivos Tropicales, Vol. 31, núm. 4, La Habana, Cuba, pp 5-11.

Barrera, J. y Valdés, C. (2007). *Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia*, Unidad de Ecología y Sistemática – UNESIS, Secretaría de ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ), Edición especial II, Primera Edición, Subdirección Imprenta Distrital – DDDI, Bogotá, vol. 12, 11-24.

Barrera, J., Contreras, S., Garzón, N., Moreno, A. y Montoya, S. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital, Facultad de Ciencias*, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ); Bogotá, Colombia. 402 pp.

Beer, J., Ibrahim, M., Harmand, J., Somarriba, E. y Jiménez, F. (2003). *Servicios ambientales de los sistemas agroforestales*, Agroforestería en las Américas, vol. 10 No 2, pp 37-28.

Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., Moberg, F. y Nyström, M. (2003). *Reserves, resilience and dynamic landscapes* (Reservas, resiliencia y paisajes dinámicos), Royal Swedish Academy of Sciences, Ambio 32, 389–396.

Bedoya, A. y Pachón, D. (2014). *Propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia*, estudio de caso, Trabajo de grado, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá- Colombia.

Brancalion, P., Viani, R., Strassburg, B. y Rodrigues, R. (2012). *Cómo financiar la restauración de los bosques tropicales*; Revista Unasylva 239, vol. 63, pp. 41 - 50.

Brown, A. y Kapelle, M. (2001). *Introducción a los bosques del Neotrópico: Una síntesis Regional*. ISBN 9968-702-YY-YY, editorial INBio, pp 25 - 40.

Cabrera, M. y Ramírez, W. (2014). *Restauración Ecológica de los Páramos de Colombia: Transformación y Herramientas para su conservación*; Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), Bogotá D.C, Colombia.

Calle, Z. y Esquivel, M. (2002). *Árboles aislados en potreros como catalizadores de la sucesión en la Cordillera Occidental Colombiana*, Agroforestería en Las Américas, Vol. 9 No 5, pp 33-34.

Calle, Z. y Piedrahita, L. (2007). *Cómo diseñar estrategias para el manejo de plantas de interés para la conservación en paisajes ganaderos?*, Agroforestería en las Américas No 45, CIPAV, Cali, pp 117 - 122.

Cantillo, E., Lozada, A. y Pinzón, J. (2009). *Caracterización sucesional para la restauración de la Reserva Forestal Cárpato, Guasca, Cundinamarca*, Revista Colombiana Forestal Vol. 12 103-118.

Cantillo, E., González, Y. y Coca, A. (2007). *Estructura y composición florística de la vegetación del corredor biológico entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos*, Revista Colombiana Forestal Vol. 10, No 20, pp 40 - 78.

Carranza, M. (2016). *Identificación de especies forestales de alto valor ecológico para la recuperación de áreas degradadas en el Sur del pie de monte Llanero de Casanare*, Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD, Yopal, Casanare- Colombia.

Ceccon, E. y Pérez, D. (2016). *Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe*; Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (SIACRE), Ciudad Autónoma de Buenos Aires-Argentina.

Cenicafé, (1999). *Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (Coffea arabica L.) al sol y bajo sombra*, Cenicafé, 50(2): pp 97-105.

Cenicafé, (2012). *Herramientas de manejo del paisaje para la conservación de la biodiversidad*, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.; Avances técnicos 416; Gerencia Técnica, Programa de Investigación Científica, Fondo Nacional del Café, Manizales, Caldas, pp 2 - 12.

Comín, F. (2002). *Restauración Ecológica: teoría versus práctica*, Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona, ecosistemas – Revista de Divulgación Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, Año XI, No 1, Enero – abril de 2002, pp 1 - 5.

Convenio 237 FONAM-Corantioquia, (2006). Programa de apoyo al Sistema Nacional Ambiental SINA; “AUNAR esfuerzos técnicos y financieros entre el FONAM y la Corporación con el fin de desarrollar todas las actividades correspondientes a la conservación, restauración y manejo sostenible de ecosistemas forestales en cuencas hidrográficas con miras al aumento de la cobertura boscosa en las microcuencas y cuencas abastecedoras de acueductos veredales y municipales dentro del área de jurisdicción de Corantioquia, Medellín-Antioquia.

Convenio Interadministrativo de Cooperación No 06, Crédito BID 1556/OC-CO FONAM – Corantioquia Convenio 347, (2008). Aunar esfuerzos administrativos, financieros y técnicos para desarrollar actividades correspondiente al proyecto “Ejecución de los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas de los ríos Piedras y Frio en la Región Suroeste del Departamento de Antioquia, como estrategia de núcleo para la conservación regional del recurso hídrico y conectividad de áreas protegidas con énfasis en Reservas Nubes, Trocha y Capota y Cuchilla Jardín – Támesis.

Convenio CF-20-032 873, Gobernación de Antioquia - Corantioquia Convenio 873, (2012). Aunar esfuerzos técnicos y logísticos para la ejecución del Plan de Inversión del 1% del proyecto Conexión Vial Aburrá – Río Cauca, con base en el Decreto 1900 de 2006, artículo 3 de la Resolución N0 0762 de 1997, del Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Corantioquia - Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, (1999). *Modelos de Restauración Ecológica en Áreas Críticas de la Reserva Natural Farallones del Citará*, Convenio Interadministrativo No 830, Medellín, TOMO1, pg 89.

Cuellar, J, A. y Cano, L, A. (2017). *Evaluación de los procesos de restauración ecológica en la reserva natural biológica Encenillo*,

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá D.C, marzo.

Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA, (2004). *Guía Técnica para la Restauración de Áreas de Ronda y Nacederos del Distrito Capital*, Bogotá.

Dos Santos, (2011). Universidad San Buenaventura Medellín, Artículo *Interdependencia entre la restauración ecológica y la conservación natural*, Ing. USBMed, ISSN: 2027-5846, Vol. 2, No. 1, pp. 24-28.

Eccardi; F, (2003). El corredor biológico Mesoamericano México - CBMM. Proyecto Conabio, Biodiversitas 47; pp 4-7.

Emerton, L. y Bos, E. (2004). *Value, Counting ecosystems as an Economic Part of Water infrastructure*, (Valor, Conteo de ecosistemas como parte económica de la infraestructura del agua), The World Conservation Union-IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 88 p.

Figueroa, A. y Valencia, M. (2009). *Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas Andinos, Departamento del Cauca*; Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca, Sello Editorial Universidad del Cauca, Popayán.

IAvH. 2004. Informe anual 2003. Proyecto Conservación y uso sostenible de la biodiversidad de los Andes colombianos, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. y Rojas, J. (2006). *Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos*, Centro Agronómico de Tropical de Investigación y Enseñanza – CATTIE, Pastos y forrajes, Vol. 29, No 4, Turrialba, Costa Rica, pp 383 – 420.

IDEAM, 2011. *Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña*; Caso piloto, Proyecto Nacional de adaptación al cambio climático – INAP- componente B, IDEAM y Conservación Internacional, Bogotá.

Jaksic, F. y Fariña, J. (2015). *Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto*, Anales Instituto Patagonia (Chile), Vol. 43(1):23-24, Chile, pp 23-34.

Lamprech; (2009). *Silvicultura en los trópicos*, Instituto de Silvicultura de la Universidad de Göttingen, Cooperación Técnica, República Federal de Alemania, Eschborn.

Pequeño, M., Alánis, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M. y Molina, V. (2016). *Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica*; Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Revista Iberoamericana de Ciencias - RelbCi, Vol. 3 No 2 ISSN 2334-2501, México, pp 94 - 105.

Maglianesi, M. (2011). *Restauración Ecológica: Perspectiva Histórica e Implicaciones Éticas de una Disciplina en Crecimiento*, Universidad Estatal a Distancia, Biocenosis, vol. 25 (1-2), San José, Costa Rica, pp 34 - 41.

Marín, A., Toro, L. y Uribe, S. (2008). *Conectividad estructural del paisaje cafetero en la cuenca alta del río San Juan, suroeste Antioqueño, Colombia*. Boletín de Ciencias de la Tierra, número 23, junio, ISSN 0120 – 3630, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, pp 43 - 54.

Meli, P, (2003). *Restauración Ecológica de Bosques Tropicales: veinte años de investigación académica*; Revista Interciencia, volumen 28 N° 10, Buenos Aires, Argentina, pp 581-589.

Michele, Z., (2015). *Hotspots de Biodiversidad de los Andes Tropicales*, Critical Ecosystem, Partnership Fund; Fondo de Alianza para los ecosistemas críticos, NatureServe y EcoDecisión, marzo.

Mora, F., Orellana, A. y Ortiz, C. (2015). *Zonas de amortiguamiento como herramienta de conservación de las áreas protegidas caso: Parque recreacional y bosque protector Jerusalem, Ecuador*, DELOS, Revista DELOS, Desarrollo Local Sostenible, Ecuador; ISSN: 1988-5245, pp 1 – 19.

Murcia, C. y Guariguata, M (2014). *La Restauración Ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades*, Organización para Estudios Tropicales, Centro para la Investigación Forestal Internacional –CIFOR, Documentos ocasionales 107, Bogor, Indonesia.

Murgueitio, E. y Ibrahim, M, (2004). *Ganadería y Medio Ambiente en América Latina*, Conferencia Agroforestería, XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Fundación CIPAV y Grupo Ganadería y Medio ambiente, CATIE, pp 187 – 202.

Murgueitio, R y Enrique, 2015. *Sistemas Silvopastoriles en el Trópico de América*, Director Fundación CIPAV, Cali, Colombia, pp 1-20.

Parques Nacionales Naturales de Colombia., KFW. (2012). *Diversidad Biológica y Áreas Protegidas de Colombia*, Programa de Cooperación Financiera con Alemania - KfW Entwicklungsbank (banco de desarrollo) convenio 2010 65 143, Bogotá.

PNUMA, Plan Estratégico para la Diversidad Biológica (2010); *Decenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad*, Secretaría del Convenio sobre la diversidad biológica; marco de acción decenal, Montreal, Canadá.

Ollero, A, (2011). *Sobre el objeto y la viabilidad de la restauración ambiental*, Departamento de Geografía y ordenación del Territorio,

Universidad de Zaragoza, Geographica (2011), 59-60, 267-279, pp 267 - 279.

Ortiz, A. y Riascos, L (2006). *Almacenamiento y fijación de carbono en el sistema agroforestal cacao en la reserva Indígena de Talamasca, Costa Rica*. Trabajo de grado, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, San Juan de Pasto.

Rangel, J. y Franco, P (1985). *Observaciones fitoecológicas en varias regiones de vida de la cordillera central de Colombia*, Revista Caldasia vol. XIV, No 67, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, paginas 211 - 249.

Rangel, J. (2000). *Colombia Diversidad Biológica III, La Región de vida paramuna de Colombia*, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, pag 14, 31, 77.

Rangel, (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Revista Acad. Colomb. Cienci. Ex. Fis. Nat. 39 (151): Bogotá pp 176 – 200.

República de Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público Decreto 1454 de 1942 “*sobre fomento forestal*”, artículos 11, 13, pg, 2, Bogotá.

República de Colombia, Ley 2 de 1959, “*Sobre economía forestal de la Nación y conservación de los recursos naturales*”, Bogotá.

República de Colombia, Ley 23 de 1973, “*Código de responsabilidad jurídica por daños ambientales*”, artículo 16, Bogotá.

República de Colombia, Decreto - Ley 2811 de 1974. *“por la cual se dicta el código Nacional de los Recursos Naturales renovables y de protección al medio ambiente”*, Bogotá.

República de Colombia, Ministerio de Agricultura, Decreto 1449 de junio 27 de 1977, artículo 3, *de la protección y conservación de los bosques en predios privados*, Bogotá.

República de Colombia, (1991). CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA, Editorial LEGIS.

República de Colombia, Ley 99 de 1993, “por la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental – SINA y el Ministerio del Medio Ambiente”, artículo 1, 5, 7, 61, 88, 108, pg 1, 2, 6, 30, 35, 42.

República de Colombia, Ley 165 de 1994, *“por medio de la cual se aprueba el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”*, hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992. Bogotá D.C.

República de Colombia, Ley 223 de 1995. República de Colombia, *Impuesto de registro. “sobre expedición de normas sobre racionalización tributaria”*, Bogotá.

República de Colombia, (1996). *Política de bosques, Documento CONPES No 2834*. Ministerio de Medio Ambiente – DNP, Documento, Bogotá.

República de Colombia, (1997). *Distribución de recursos del certificado de Incentivo Forestal de Conservación*, Documento CONPES No 2953. Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. DNP-UPA-UDA, Bogotá.

República de Colombia, Ley 900 de 1997. Ministerio del Medio Ambiente; por la cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para conservación, artículo 2, 3, 4, Bogotá, pp, 2, 3.

República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, (1998). Dirección General de Ecosistemas; *Plan Estratégico para la Restauración Ecológica y el establecimiento de bosques en Colombia – Plan Verde*; Bogotá.

República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, 1999., *Programa para la implementación del Plan Estratégico para la Restauración y el establecimiento de bosques en Colombia – Plan verde*: *bosques para la paz*, Bogotá.

República de Colombia, (2001). *Estrategia para la consolidación del Plan Nacional de Desarrollo Forestal – PNDF*, Documento CONPES No 3125, Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Comercio Exterior, DNP-DPA-DEAGRO, Bogotá.

República de Colombia, Ley 658 de 2001. *Por el cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones, artículos 34, 122*, Bogotá, pp. 4, 14.

República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, (2002). *Páramos, Programa para el manejo sostenible y restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana*, Bogotá.

República de Colombia, SENTENCIA C-339, (2002). “Derecho a un ambiente sano”.

República de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2012). Departamento Nacional de Planeación, *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos – PNGIBSE*, Bogotá.

República de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2014). *V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia, ante el Convenio de diversidad biológica*, Bogotá.

República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Plan Nacional de Desarrollo, 2014 – 2018, Bogotá, pp 540-587.

República de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2015). *Plan Nacional de Restauración. Recuperación ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*, Bogotá.

Rico, G. y Latam, M (2017). *Corredores biológicos para atenuar los impactos de la deforestación*; Revista semana Sostenible, publicado el 03 de octubre de 2017, Bogotá, pp 1-10.

Schulte, A., Rojas, C. y Rojas, R. (1992). *Reforestación y Agroforestería en Los Andes, uso sostenido y restauración de suelos con árboles y arbustos nativos*, AGRUCO, Agroecología Universidad de Cochabamba, Bolivia.

Turbay, S., Maldonado, C., Montalvo, E., Velásquez, Héctor. y Perdomo, J. (2013). *Lecciones de una experiencia de participación campesina en un proceso de restauración ecológica en el Parque Nacional Natural Las Orquídeas, Colombia*, Revista Gestión y Ambiente, volumen 16 – No 1, mayo de 2013, Medellín, pp 5 - 16.

Van Der Hammen, (2003). *La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana*; Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, pp 1 – 7.

Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque Altoandino*, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Grupo de Restauración Ecológica, Departamento de Biología, primera edición, Bogotá, editor, Grupo de Restauración Ecológica.

Vargas, O., Reyes, S., Gómez, P., y Díaz, J (2012). *Guías Técnicas para la restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia*; Grupo de Restauración Ecológica – GREUNAL, Convenio de Asociación No 22, Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y Academia de ciencias Exactas, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Vázquez, C., Batis, A., Alcocer, M., Gual, S., y Sánchez, C. (1999). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*, Proyecto J-084 CONABIO, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp 1-15.

Velásquez, J., Maniguaje, N. y Duque, A. (2011). *Diversidad y dinámica de un bosque subandino de altitud en la región de los Andes Colombianos*, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Rev. Biol. Trop (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) vol. 60 (2): 943:952, Medellin, pp 943 - 952.

Velásquez, J. (2015). *Tesis Doctoral: Protocolo de Restauración Ecológica para Zonas de Alta Montaña en la Región Norte de los Andes Colombianos*, Universidad de Córdoba, España; Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Departamento de Ingeniería Forestal.

Villar, R., Ruiz, J., Quero, L., Poorter, H., Valladares, F. y Marañón, T. (2008). *Tasas de crecimiento de especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas*; capítulo 7, pp 193 – 230.

Walker, L. (2005). *Margalef y la sucesión ecológica; Ecosistemas*, Asociación Española de Ecología Terrestre, Revista científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente - ecosistemas, Alicante, España, vol. 14 núm. 1, pp 1 - 14.

World Wildlife Fund, WWF, (2001). *Visión de la biodiversidad de los Andes del Norte*, Fundación para la Defensa de la Naturaleza -

FUDENA y la Fundación Natura. Fondo Mundial para la Naturaleza -, Santiago de Cali, Colombia; pp 4, 5, 11, 13, 32; Hyman y Strand (1999).

Zuluaga, A., Giraldo, C y Chará, J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad*. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCIÓN, TNC. Bogotá, Colombia. 36 pp. Recuperado el 18 de octubre de 2017, tomado de: <http://www.fao.org/docrep/006/AD392S/AD392s10.htm>